

PALABRAS CLAVE

Inversión pública
Infraestructura física
Industria
Productos manufacturados
Productividad
Costos
Modelos econométricos
Colombia

REVISTA CEPAL 104 • AGOSTO 2011

Colombia: capital público y productividad de la industria manufacturera

Sergio Jiménez R. y Jaime Sanaú V.

El objetivo de este trabajo es analizar —mediante el enfoque basado en la teoría de la dualidad— cómo las infraestructuras públicas incidieron en la productividad de las industrias manufactureras de Colombia entre 1990 y 2005. Se estudian los efectos que la inversión en capital público tiene en la estructura de costos de la industria, por medio de la sustitución o complementariedad entre los diferentes factores de producción privados y dicho capital.

Sergio Jiménez R.

Profesor Asistente, Departamento de
Economía

Universidad de Pamplona, Colombia

✉ sjimenez@unipamplona.edu.co

Jaime Sanaú V.

Profesor Titular de Economía Aplicada

Departamento de Estructura e Historia

Económica y Economía Pública

Universidad de Zaragoza, España

✉ jsanau@unizar.es

I

Introducción

Las economías necesitan infraestructuras de transporte, de telecomunicaciones, energéticas o hidráulicas de buena calidad para expandir su mercado interno y competir en el ámbito internacional. Hace varias décadas surgió entre los economistas la idea de que la inversión pública en infraestructuras (o capital público) ayuda a incrementar la productividad, y ya en los años cincuenta de la pasada centuria algunos autores comenzaron a referirse formalmente al tema.

Durante los últimos decenios del siglo pasado se manifestó entre los políticos y economistas una creciente preocupación por averiguar el origen de la desaceleración del crecimiento de la productividad ocurrida en los Estados Unidos en el decenio de 1970, luego de mantener un elevado crecimiento en la década anterior. Esta preocupación renovó el interés de los investigadores en los factores que dinamizan la productividad y el crecimiento económico, y originó la publicación de algunos artículos seminales, como fue el caso de Aschauer (1989). En su trabajo publicado en 1989, aplicado a la economía de los Estados Unidos, Aschauer presentó unos resultados que otorgaban al capital público el papel de “factor relevante” en el proceso de producción, con una elasticidad del producto con respecto a esta variable de 0,39. A partir de este trabajo se desencadenó una copiosa literatura, con una notoria variedad de resultados.

Muchos de los nuevos estudios se apoyaron en los resultados de Aschauer, aunque en ellos se obtuvo un valor para la elasticidad del producto con respecto al capital público quizás más plausible. En otros, mediante el uso de un enfoque metodológico diferente, pero con similar (o quizás mayor) grado de aprobación científica, se puso en duda la hipótesis de que el capital público sea un factor de producción adicional tan determinante como se entendía a partir del artículo pionero. Esto, por supuesto, sin negar su relevancia.

El uso de dos enfoques metodológicos distintos —la función de producción y la función dual de costos— y la obtención de resultados en cierta medida diferentes, sobre la base de las contrastaciones empíricas de una

y otra estructura, motivaron el deseo de investigar aún más la relación entre las infraestructuras públicas y la productividad de la industria.

Comúnmente se intuye que las carreteras, autopistas, puertos, aeropuertos, ferrocarriles, sistemas de acueductos y alcantarillados y otros, proporcionan un ambiente adecuado en que la producción privada se materializa más fácilmente. Desde hace décadas, esta idea ha sido considerada por varios autores en diversa literatura económica, sin embargo, alcanzó mayor relevancia a fines de los años ochenta cuando Aschauer publicó el mencionado trabajo en que aportaba evidencia empírica a aquella idea.

A este autor le siguieron otros, que realizaron investigaciones sobre varios países industrializados, tanto a nivel nacional como por regiones o sectores de la producción, y estudiaron la relación entre el capital público y la productividad desde varias perspectivas, destacándose el enfoque de la función de producción con Munnell (1990) y Sanaú (1998), entre otros, para luego dar paso al enfoque dual basado en funciones de costos.

Mayoritariamente, en estudios de este tipo se ha privilegiado a países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), y especialmente a España y los Estados Unidos. Calderón y Servén (2010a y 2010b) han relacionado la dotación de infraestructuras con los procesos de crecimiento y desarrollo económicos en países de ingreso bajo y medio, empero ha de reconocerse que no existe excesiva evidencia empírica en estos países y mucho menos respecto de Colombia. Además, en numerosas oportunidades muchos analistas económicos latinoamericanos han concordado en que la deficiente dotación de infraestructuras públicas que presentan los países de la región constituye uno de los más pesados lastres que han tenido que arrastrar en el camino a la consolidación del desarrollo, y uno de los principales factores que restan competitividad a sus exportaciones. Por lo tanto, en el presente trabajo se trata de aportar evidencia empírica desde un país de ingreso medio con respecto a la relación entre el capital público, la productividad y, en términos generales, el crecimiento económico.

En Colombia, en el curso de los años, importantes cambios institucionales fueron dando paso a una más

□ Los autores agradecen las sugerencias de los evaluadores anónimos y de los editores de la *Revista CEPAL* que, sin duda, han permitido mejorar el trabajo.

ostensible estabilidad macroeconómica y un mayor crecimiento de la producción agregada, así como a un considerable mejoramiento de las condiciones de vida de su población. Durante el período de estudio (sin contar el bienio 1998-1999 en que el país padeció una recesión), el producto interno bruto (PIB) presentó una tasa media de crecimiento anual de 3,7% en términos reales, y las exportaciones de manufacturas se expandieron a una tasa media anual de 14%. A su vez, la participación de las exportaciones de manufacturas en relación con el total de exportaciones pasó del 25% en 1990 al 35% en 2005.

La década de 1990 del siglo pasado trajo consigo para Colombia un relativo impulso de las inversiones en infraestructuras derivado de un cambio trascendental en la legislación a partir de 1991, que permitió al sector privado participar como inversor en los proyectos de construcción de las infraestructuras del país. Desapareció así el monopolio del Estado vigente hasta ese momento, cuyas escasas inversiones públicas en infraestructuras eran determinadas en gran medida por el saldo de las finanzas públicas, a menudo deficitario.

Merced a este cambio, desde 1991 las infraestructuras en Colombia experimentaron avances debido al balance positivo entre una leve reducción de los niveles de inversión pública y el incremento de la participación de la iniciativa privada. La participación del sector privado en el total de la inversión en infraestructuras

comenzó a tener importancia en los primeros años de entrada en vigencia de la nueva normativa, al alcanzar en promedio el 28% entre 1991 y 1994. Sin embargo, su peso relativo siguió acrecentándose y para el período 1995-2004 se situó en el 48%.

En general, entre 1989 y 2004, la inversión total en infraestructuras (ya sea financiada por la administración pública como por instituciones privadas) aumentó a una tasa promedio anual de un 9,2%, proveyendo mayores argumentos a los diferentes sectores de la economía para ser más productivos y crecer más rápido.

La estructura del presente trabajo es la siguiente. En la sección II se introduce el modelo teórico basado en la teoría de la dualidad, del que se derivan las expresiones para las contribuciones marginales del capital público y del capital privado a la reducción de los costos variables, es decir, los precios sombra, así como para las elasticidades del producto y de los costos con respecto a ambos capitales. A continuación se describen las variables y los datos usados, como también el proceso de estimación de las series de los acervos de capital tanto público como privado y el modelo econométrico que se usará para efectuar la contrastación empírica; asimismo, se realiza una comparación de resultados entre este trabajo y algunos de los trabajos más relevantes. El ensayo se cierra con las conclusiones más importantes a las que se llega sobre la base de los resultados obtenidos.

II

Modelo teórico, datos y estimación

1. Modelo teórico

El enfoque de la teoría de la dualidad, en que se utiliza una función de costos para representar los rendimientos de la inversión en infraestructuras, proporciona una perspectiva un tanto diferente de la acostumbrada con la estructura de la función de producción de la que numerosos trabajos dan cuenta. Según lo destacan Morrison y Schwartz (1996), una característica útil del enfoque de la función de costos es la representación que hace de la reacción conductual, así como de las relaciones tecnológicas, asumiendo que la minimización de costos es un supuesto apropiado.

Otro aporte valioso de la estructura de la función de costos es que produce ecuaciones de demanda de factores con variables dependientes endógenas, en contraste con las ecuaciones de estimación derivadas al utilizar el enfoque de la función de producción (muy a menudo la función de producción en sí misma), en que los niveles de los insumos son los argumentos de la función.

El punto de partida, siguiendo a Boscá, Escribá y Dabán (1999) y Moreno, López-Bazo y Artís (2002), es una función de producción donde Y es el producto y X_i ($i = 1, \dots, s$) es el factor i -ésimo:

$$Y = F(X_1, \dots, X_s) \quad (1)$$

Se supone que las empresas deben aceptar un vector de precios de los factores de producción, P_1, \dots, P_s , de modo que el problema de optimización radica en elegir la cantidad de factores que minimizan el costo de producir un nivel de producto dado, Y . Entonces, puede conseguirse un grupo de funciones de demanda para los factores privados:

$$X_i = X_i(P_1, \dots, P_s, Y) \quad (2)$$

donde X_i es la cantidad óptima del factor i -ésimo. En este caso, el nivel de costos óptimo (C) produce una función de costos que es dual a la función de producción, siendo dependiente de los precios de los factores y del producto:

$$C = C(P_1, \dots, P_s, Y) \quad (3)$$

Por lo tanto, se asume que todos los factores de producción pueden ajustarse dentro de un período de tiempo, de manera que la empresa determina instantáneamente las demandas de factores a largo plazo.

Existen razones que señalan que ciertos factores no se ajustan instantáneamente a sus valores de equilibrio de largo plazo. Entre estas razones pueden contarse los costos de inversión y “des-inversión”, y restricciones institucionales que están más allá del control de una empresa individual en el corto plazo. De ahí que se distinga entre factores de producción que están en equilibrio, los llamados insumos variables, y aquellos que no lo están, los llamados insumos fijos. A esta situación se le conoce como “equilibrio estático parcial”. En la estructura aquí adoptada se distingue entre factores variables y factores fijos. El objetivo de la empresa es minimizar el costo de los factores variables condicionado al acervo dado de insumos fijos.

Dado que uno de los fines del trabajo empírico es obtener elasticidades del capital público, el enfoque parte de una función de producción ampliada con el capital público como un factor no remunerado, lo que debe tenerse en cuenta al obtener la correspondiente función de costos. Por lo tanto, en la función de costos variables utilizada se incluye al capital público como un factor fijo externo:

$$CV = CV(P_L, P_M, Y, K_P, K_G) \quad (4)$$

En la ecuación (4) se consideran dos insumos privados variables: trabajo (L) y materiales intermedios (M), que aparecen en la función de costos representados por sus precios, P_L y P_M , respectivamente; un factor fijo: capital privado, K_P ; Y es la producción y K_G el capital público, que actúa como factor externo. En consecuencia, las infraestructuras públicas son consideradas un factor fijo no remunerado en el proceso de producción y del que las empresas no tienen casi ningún control.

La función de costos totales de corto plazo será la suma de los costos variables y del costo del capital privado existente:

$$C = CV(\cdot) + P_{KP} \cdot K_P \quad (5)$$

donde P_{KP} es el precio del capital privado.

El efecto (de corto plazo) de la inversión en infraestructuras en el proceso de producción consiste en que las empresas ajustan sus decisiones con respecto a las cantidades de los diferentes insumos privados variables usados en el proceso de producción, según sus relaciones de complementariedad o sustitución con las infraestructuras después de que estas hayan sido aumentadas o mejoradas, dada la cantidad existente de factores fijos como el capital privado.

Diferenciando la función de costos variables, $CV(\cdot)$, con respecto a K_P , se obtiene el precio sombra, Z_{KP} , relacionado con el capital privado, que se define como:

$$Z_{KP} \equiv - \frac{\partial CV(\cdot)}{\partial K_P} \quad (6a)$$

El mismo procedimiento puede seguirse en el caso del capital público, K_G , y definir su precio sombra, Z_{KG} , como

$$Z_{KG} \equiv - \frac{\partial CV(\cdot)}{\partial K_G} \quad (6b)$$

Los precios sombra muestran los beneficios marginales de las empresas ocasionados por un incremento en el acervo de capital tanto privado como público. Son una medida de la disponibilidad implícita en el corto plazo de los empresarios privados para pagar por capital privado o público. Concretamente, los precios sombra se definen como la reducción en los costos variables debido a un aumento marginal en los acervos de capital privado o público. Mientras el valor del precio sombra sea positivo, las empresas se beneficiarán al contar con infraestructuras adicionales, ya que esto les permite lograr ahorros en los costos variables¹.

Suponiendo que los precios de los factores variables son exógenos al productor, puede aplicarse el Lema de Shephard y obtener el vector de los diferentes factores

variables que minimiza los costos, es decir, las demandas minimizadoras de costos²:

$$X_i = X_i(P_L, P_M, Y, K_P, K_G) = \frac{\partial CV}{\partial P_i} \quad i = L, M \quad (7)$$

Las funciones de demanda condicionadas de factores que minimizan los costos pueden tomar la siguiente forma específica:

$$\begin{aligned} L(P_L, P_M, Y, K_P, K_G) &= \frac{\partial CV(\cdot)}{\partial P_L} \\ M(P_L, P_M, Y, K_P, K_G) &= \frac{\partial CV(\cdot)}{\partial P_M} \end{aligned} \quad (8)$$

A partir de las demandas condicionadas de factores es posible reescribir la función de costos variables como:

$$CV(P_L, P_M, Y, K_P, K_G) = P_L L(\cdot) + P_M M(\cdot) \quad (9)$$

La ecuación (9) resulta útil para obtener las relaciones de complementariedad o sustitución entre el factor fijo considerado y cada uno de los factores variables. De (6a) y (6b) se tiene que los precios sombra de K_P y K_G están dados por:

$$\begin{aligned} Z_{KP} &\equiv - \frac{\partial CV}{\partial K_P} = - P_L \frac{\partial L(\cdot)}{\partial K_P} - P_M \frac{\partial M(\cdot)}{\partial K_P} = L_{KP} + M_{KP} \\ Z_{KG} &\equiv - \frac{\partial CV}{\partial K_G} = - P_L \frac{\partial L(\cdot)}{\partial K_G} - P_M \frac{\partial M(\cdot)}{\partial K_G} = L_{KG} + M_{KG} \end{aligned} \quad (10)$$

Estos precios sombra se descomponen en el efecto que tiene un incremento de K_P y K_G en los costos, en los efectos de ajuste sobre el trabajo y en los consumos intermedios. Si $L_{KP}(M_{KP})$ es menor que 0, el trabajo (los consumos intermedios) es (son) un factor complementario del capital privado. Si $L_{KP}(M_{KP})$ es mayor que 0, el trabajo (los consumos intermedios) es (son) un factor

¹ En este caso solo es necesario que el precio sombra sea positivo, puesto que en la estructura planteada aquí se considera que las empresas no pagan por el capital público, ya que se asume que es un factor exógeno. Sin embargo, aunque las empresas no perciban de manera directa los costos ocasionados por la acumulación de este factor, ellas pagan por las infraestructuras indirectamente por la vía de impuestos. Como los impuestos no están directamente relacionados con los costos en que incurre el gobierno para incrementar el acervo de capital público, el precio de este puede considerarse como nulo para la empresa. Esta perspectiva es la habitual en trabajos precedentes y, por lo tanto, la que se aplica en este trabajo.

² El Lema de Shephard se usa para generar funciones de demanda de factores minimizadores de costos. De este modo, se derivan tantas ecuaciones adicionales a la función de costos como factores productivos intervengan en el proceso de producción. La estimación del sistema formado por la función de costos y las funciones de demanda derivadas por factores permite obtener coeficientes más eficientes de los parámetros que los que se obtendrían si solo se calculasen a partir de la función de costos.

sustitutivo del capital privado. Las mismas conclusiones son aplicables para el caso del capital público.

Además, se puede definir cada participación del factor (S_i), esto es, el porcentaje del costo supuesto por el factor i -ésimo:

$$S_i = \frac{P_i \cdot X_i}{CV} = \frac{\partial \ln CV}{\partial \ln P_i} = \frac{\partial CV}{\partial P_i} \frac{P_i}{CV} \quad i = L, M \quad (11)$$

El conjunto de ecuaciones (4) y (11) constituye la solución a lo que puede ser definido como el equilibrio de corto plazo relacionado con los factores variables. También pueden usarse las funciones de demanda; alternativamente se hablaría del conjunto de ecuaciones (4) y (8).

En seguida, se definirán algunas elasticidades de interés de la función de costos totales con respecto al capital privado y al capital público. En primer lugar, puede calcularse la elasticidad con respecto al capital privado. En este caso, como las empresas pagan por el capital privado, este efecto precio se incluye en la elasticidad costo de manera que:

$$\varepsilon_{CK_P} = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln K_P} = (P_{K_P} - Z_{K_P}) \frac{K_P}{C} \quad (12)$$

Cuando $K_P = K_P^*$, es porque $P_{K_P} = Z_{K_P}$, así $\varepsilon_{CK_P} = 0$. Sin embargo, fuera del equilibrio del estado estacionario, esto es, si las empresas no son capaces de ajustar K_P instantáneamente, entonces $\varepsilon_{CK_P} \neq 0$.

En segundo lugar, y dado el interés en evaluar el cambio en los costos totales de corto plazo ocasionado por un aumento marginal en el acervo de infraestructuras, es necesario calcular la elasticidad de los costos de corto plazo respecto del capital público:

$$\varepsilon_{CK_G} = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln K_G} = \frac{\partial C}{\partial K_G} \frac{K_G}{C} = \frac{\partial CV}{\partial K_G} \frac{K_G}{C} \quad (13)$$

A partir de (13) y (6a, 6b) puede obtenerse la elasticidad de los costos variables con relación al capital público

$$Z_{K_G} \equiv -\frac{\partial CV}{\partial K_G} = -\varepsilon_{CVK_G} \left(\frac{CV}{K_G} \right) \quad (14)$$

de donde se deriva que³

$$\varepsilon_{CVK_G} = \frac{\partial \ln CV}{\partial \ln K_G} = \frac{\partial CV}{\partial K_G} \frac{K_G}{CV} \quad (15)$$

Dado que las empresas no pagan de manera directa por las infraestructuras, puede afirmarse que

$$\varepsilon_{CK_G} = -Z_{K_G} \left(\frac{K_G}{C} \right), \text{ de modo que la única condición}$$

que debe satisfacerse para que la inversión en capital público genere un efecto positivo en la producción es que $Z_{K_G} > 0$. Si $Z_{K_G} > 0$, entonces $\varepsilon_{CK_G} < 0$. Esto ocurrirá en la medida en que el capital público tenga una relación de sustitución con los factores variables; es decir, mientras las infraestructuras públicas incrementen la eficiencia como resultado de la disminución en la utilización de insumos variables y, con esto, de los costos variables.

Puede decirse que las empresas ajustarán sus decisiones de producción respecto de sus propios factores variables de acuerdo con la relación entre ellos y el capital público. Este efecto puede calcularse como la elasticidad (de corto plazo) de la demanda condicionada de factores variables a las infraestructuras:

$$\varepsilon_{X_i K_G} = \frac{\partial \ln X_i}{\partial \ln K_G} = \frac{\partial X_i}{\partial K_G} \frac{K_G}{X_i} \quad i = L, M \quad (16)$$

Se puede comprobar que algunas de las variables definidas a partir de la función de costos se relacionan estrechamente con las habituales medidas de elasticidades de la función de producción. Al utilizar las expresiones derivadas anteriormente, es posible relacionar las elasticidades producto respecto de los acervos de capital con las participaciones sombra de estos factores en el costo total. Las elasticidades del producto en relación con los factores fijos se obtienen a partir de (6) y (11):

$$\begin{aligned} \varepsilon_{Y, K_P} &\equiv \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln K_P} = \frac{\partial Y}{\partial K_P} \cdot \frac{K_P}{Y} = \frac{\partial Y}{\partial C} \cdot \frac{\partial C}{\partial K_P} \cdot \frac{K_P}{Y} \\ &= \frac{1}{C M_a} \cdot Z_{K_P} \cdot \frac{K_P}{Y} \equiv \frac{S_{K_P}^*}{\varepsilon_{C, Y}} \end{aligned} \quad (17)$$

en la utilización de los insumos variables (efecto cantidad). No obstante, los efectos precios también se presentarán, si bien no se contemplan en este ensayo. Es decir, una ampliación o mejora de una infraestructura de transporte puede abaratar el costo de los bienes intermedios de las empresas, pero, a su vez, esa misma actuación puede facilitar y abaratar las importaciones, recortando el poder de mercado de los fabricantes nacionales y reduciendo los precios de venta de sus productos.

³ A la hora de formular el modelo se está suponiendo que las infraestructuras públicas afectan a la eficiencia por medio de los cambios

$$\begin{aligned}\varepsilon_{Y,KG} &\equiv \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln K_G} = \frac{\frac{\partial Y}{\partial K_G} \cdot \frac{K_G}{Y}}{\frac{\partial C}{\partial K_G} \cdot \frac{K_G}{Y}} = \frac{\frac{\partial Y}{\partial C} \cdot \frac{\partial C}{\partial K_G} \cdot \frac{K_G}{Y}}{\frac{\partial C}{\partial K_G} \cdot \frac{K_G}{Y}} \\ &= \frac{1}{C Ma} \cdot Z_{KG} \cdot \frac{K_G}{Y} \equiv \frac{S_{KG}^*}{\varepsilon_{C,Y}}\end{aligned}\quad (18)$$

donde

$$\varepsilon_{C,Y} \equiv \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y} = \frac{\frac{\partial C}{\partial Y} \cdot \frac{Y}{C}}{\frac{\partial Y}{\partial Y} \cdot \frac{Y}{C}} = \frac{C Ma}{C/Y} \quad (19)$$

lo que muestra que el cociente entre el costo marginal y el costo medio determina la elasticidad de los costos con respecto al producto a corto plazo, $\varepsilon_{C,Y}$, que está relacionada con la elasticidad de los costos variables al producto, $\varepsilon_{C,Y}$.

2. Datos

Aunque buena parte de la información estadística utilizada para las variables del modelo es recopilada y publicada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), organismo oficial encargado de las estadísticas en Colombia, también se describirá el proceso de estimación de dos de los componentes fundamentales de este estudio, como son el acervo de capital privado y el acervo de capital público, variables que no son calculadas por el DANE y que no han sido estimadas antes para Colombia respecto del período de estudio que aquí se precisa.

Para la contrastación empírica se han usado datos anuales sobre precios y cantidades de los factores y la producción de los diferentes sectores de la industria manufacturera colombiana en el período 1990-2005, compilados sobre la base de varias fuentes. Este es el único período del que hay información completa de todas las variables requeridas, lo que hace imposible aplicar el análisis empírico a años más recientes, pues la información estadística sobre las variables que relacionan el nivel de actividad de la industria está actualizada hasta el año 2007, pero para el caso de la inversión en infraestructuras, variable fundamental para el análisis, solo se cuenta con información hasta 2005.

Los datos sobre la producción, consumo de insumos intermedios, número de trabajadores y salarios de los sectores industriales se obtuvieron de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM), producida y publicada por el DANE. Los datos de formación bruta de capital fijo (FBCF), así como los de inversión en infraestructuras con que se construyeron el acervo de capital privado y el acervo de capital público provienen de las cuentas nacionales colombianas (DANE) y de la Dirección de Infraestructura y Energía Sostenible del Departamento

Nacional de Planeación (DNP), respectivamente. Todos los datos en cantidades monetarias se expresan en precios constantes (pesos colombianos) de 1994.

Con respecto al período 1990-2000, los datos publicados originalmente desagregados para 29 subsectores de la industria, y luego nuevamente revisados a partir de 2001 según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU Rev. 3) para 67 clasificaciones industriales, se agruparon finalmente en 12 grandes sectores, tal como se hace en Nadiri y Mamuneas (1994). En el Anexo I se describe la clasificación sectorial empleada que, lógicamente, ha de tenerse en cuenta a la hora de interpretar los resultados⁴.

Por ejemplo, en Nadiri y Mamuneas (1994); Boscá, Escibá y Dabán (1999); Moreno, López-Bazo y Artís (2002), entre otros, la cantidad de producto para cada sector se mide por el valor de la producción bruta industrial a precios constantes. El valor de la producción bruta se define como la suma del valor agregado bruto (VAB) y los gastos en insumos intermedios. A su vez, la cantidad de factores intermedios se cuantifica como el valor de los consumos intermedios de las empresas (materiales, energía y servicios comprados). La medida de la cantidad del factor trabajo es el número de empleados (obreros y administrativos) de cada sector. Acerca de este último no se encontraron medidas alternativas, como por ejemplo, la cantidad de horas trabajadas, ni datos de capital humano.

El índice de precios de los insumos intermedios se obtuvo para todos los años del Índice de precios implícitos de la oferta y demanda totales de las cuentas nacionales colombianas publicado por el DANE. El precio para el empleo es el salario por trabajador, tomado de la EAM del DANE. El salario por trabajador se calculó como la razón entre salarios brutos y el número de empleados, dividido por el deflactor implícito de precios del PIB. El precio del capital privado, también conocido como tasa de alquiler del capital privado, se calculó —siguiendo a Moreno; López-Bazo y Artís (2002)— como $P_{KP} = q(r + d)$, donde q es el índice de precios implícito de la FBCF tomado de las cuentas nacionales del DANE, r es la tasa de interés activa bancaria tomada de Estadísticas

⁴ En el año 2005, por ejemplo, los sectores “Alimentos, bebidas y tabaco”, “Sustancias químicas y otros productos químicos”, “Petróleo refinado, combustibles y derivados” (que triplicó su facturación entre 1990 y 2005) y “Metales comunes y productos metálicos básicos” representaban casi las dos terceras partes de la producción manufacturera. En cambio, “Maquinaria y equipo eléctrico, electrónico y científico”, “Maquinaria de uso general” y “Productos de madera, corcho y accesorios derivados” representaban menos del 2% cada uno de ellos.

Históricas de Colombia del DNP, y d es la tasa de depreciación del capital privado tomada de Mas, Pérez y Uriel (2005)⁵.

Tanto el capital privado como el capital público se midieron como el acervo de capital neto total al final del año y, dada la limitación surgida debido a la inexistencia de valoraciones de dichas dotaciones de capital en Colombia, en este trabajo se estimaron ambos. Sin embargo, en la literatura más reciente se está dando prelación a la estimación y utilización de los servicios del capital, en vez del acervo neto de capital tal como se indica, por ejemplo, en OCDE (2001); Mas, Pérez y Uriel (2005); y Schreyer y Dupont (2006), entre otros.

Schreyer y Dupont (2006) argumentan que es necesario distinguir entre dos dimensiones a la hora de intentar medir el capital. El acervo neto de capital y su evolución es útil para medir el capital como almacenamiento de riqueza, en cambio, el acervo productivo y su tasa de variación, es decir, el flujo de los servicios del capital, resulta ser el apropiado para medir el capital como un factor de producción. Estos autores consideran que la cantidad de los servicios del capital constituye la medida conceptualmente correcta para propósitos de análisis de productividad y de producción, en lugar del acervo neto de capital. No obstante, no fue posible trabajar con cifras del flujo de servicios del capital, pues los requerimientos de datos estadísticos necesarios para la construcción y estimación de dichas series en Colombia superaban en gran medida la cantidad disponible de información estadística fiable.

En consecuencia, dadas las restricciones de información, la opción más plausible fue la de estimar el acervo neto de capital y trabajar con dichas series. Así, la labor de estimación de la dotación neta de capital, tanto privado como público, se efectuó haciendo uso de una función en que se acumula la FBCF para el primero, y la inversión en infraestructuras para el otro, y se descuenta una parte de las inversiones realizadas en el pasado debido a la depreciación que ocurre en esta clase de bienes. El sistema utilizado fue el del método de inventario permanente (MIP), que parte de un acervo inicial, le añade anualmente el gasto en inversión bruta y le deduce la depreciación imputable, que es el mismo método utilizado muy recientemente en el Proyecto EU KLEMS para el caso de acervos tecnológicos⁶.

Para aproximar la variable capital privado se partió de las series que desagregan la FBCF en función de los activos fijos invertidos por cada una de las 12 ramas de la manufactura consideradas (datos obtenidos de la encuesta anual que publica el DANE). Con estas series expresadas en pesos colombianos de 1994, se aplicó el método del inventario permanente para obtener el acervo de capital privado de cada año en cada uno de los 12 sectores de la industria, siguiendo un procedimiento similar al de las dotaciones de infraestructuras, tal como se describe a continuación.

Para estimar el acervo de capital público se emplearon los datos anuales sobre inversión privada y pública en infraestructuras publicados por el DNP⁷. Como es usual en la literatura empírica referente al tema, el acervo de capital público entra en el modelo con un retardo de un año, suponiendo que las infraestructuras construidas durante un año determinado empiezan a repercutir consistentemente en la actividad industrial a partir del año siguiente.

En concreto, la fórmula aplicada se basa en la propuesta de Soete y Patel (1985), como $KG_t = \sum \theta_i \cdot INV_{t-i}$, donde KG_t es el acervo de capital en el período t ; θ_i se refiere a la estructura de retardos temporales con que se incorpora al acervo la inversión en capital (privada o pública) y recoge también la tasa de depreciación del capital físico; e INV_{t-1} es la FBCF (o inversión en infraestructuras) en el período anterior a t . En cuanto a la tasa de depreciación empleada en la estimación de los dos tipos de acervos, se utilizaron las tasas anuales de consumo de capital fijo utilizadas por Mas, Pérez y Uriel (2005) para calcular los acervos de capital privado y público en España⁸.

Así, siguiendo el método del inventario permanente, el acervo de capital inicial KG se calculó como:

$$\begin{aligned} KG_{i,t+i} &= INV_{i,t+1-\theta} + (1-\delta)KG_{i,t} \\ KG_{i,t+1} &= (1+g_i) \cdot KG_{i,t} \\ INV_{i,t+1-\theta} &+ (1-\delta)KG_{i,t} = \\ (1+g_i) \cdot KG_{i,t} &\Rightarrow INV_{i,t+1-\theta} = \\ [1+g_i - (1-\delta)] &KG_{i,t} \end{aligned} \quad (20)$$

de donde se obtiene $KG_{i,t} = \frac{INV_{i,t+1-\theta}}{g_i + \delta}$, siendo t el período inicial; $KG_{i,t}$ el acervo inicial de capital; θ la estructura

⁵ Una fuente alternativa, en este caso, puede ser el empleo de datos del costo de uso del capital privado. Aquí se probaron también los datos sobre índice del costo de uso del capital empleados en Botero, Hassan y Palacio (2007) para el caso colombiano, sin observar grandes diferencias en los resultados obtenidos si se los compara con los logrados al usar la tasa de alquiler del capital privado.

⁶ Véase O'Mahony y otros (2008) para una descripción de las fuentes y métodos utilizados en la estimación de los acervos tecnológicos, que fue publicada en: www.euklems.net.

⁷ La inversión en infraestructuras públicas abarca cuatro categorías: infraestructuras de telecomunicaciones, de transporte, energéticas e hidráulicas.

⁸ Se comprobó que los resultados apenas varían cuando se consideran tasas de depreciación mayores o algo menores que las de Mas, Pérez y Uriel (2005).

de retardos: el retardo medio entre la realización de la inversión y la derivación de sus efectos (reduciendo de esta forma posibles sesgos de simultaneidad); g_i la tasa media anual acumulativa de crecimiento de la FBCF del sector i durante un período; y δ la tasa de depreciación del acervo de capital del año anterior. Aquí la fórmula para el cálculo del acervo inicial para el sector i , que correspondería al año 1990, sería la siguiente:

$$KG_{i,90} = \frac{INV_{i,t+1-2}}{g_i + \delta} = \frac{INV_{i,89}}{g_i + \delta} \quad (21)$$

3. Estimación de la función de costos

Puesto que el objetivo central es contrastar el efecto de las dotaciones de capital público en los costos de fabricación de las empresas de manufacturas colombianas, el trabajo empírico realizado en este capítulo se basa en una función de costos generalizada de Leontief, bajo la forma mostrada en la ecuación (20) que permite tener en cuenta los planteamientos teóricos mencionados en la subsección 1.

En este caso se hace uso de una tendencia temporal t , que resume el cambio tecnológico y que también ha sido empleada, por ejemplo, en Morrison y Schwartz (1996)⁹. Esta forma funcional permite la consideración de un buen número de posibilidades de sustitución entre factores, así como la existencia de factores fijos en el corto plazo, y puede ser adaptada dentro de cualquier tecnología de producción sin necesidad de imponer restricciones a priori sobre los rendimientos a escala.

Teniendo en cuenta dos insumos variables, como son trabajo (L) y consumos intermedios (M), la forma funcional de costos generalizada de Leontief, compuesta básicamente por tres ecuaciones, puede adoptar la siguiente forma:

– Función de costos variables:

$$CV = Y \left[\sum_i \sum_j \alpha_{ij} P_i^{1/2} P_j^{1/2} + \sum_i \sum_m \delta_{im} P_i s_m^{1/2} + \sum_i P_i \sum_m \sum_n \gamma_{mn} s_m^{1/2} s_n^{1/2} \right] + Y^{1/2} \left[\sum_i \sum_k \delta_{ik} P_i x_k^{1/2} + \sum_i P_i \sum_m \sum_k \gamma_{mk} s_m^{1/2} x_k^{1/2} + \sum_i P_i \sum_k \sum_{kg} \gamma_{kkg} x_k^{1/2} x_{kg}^{1/2} \right] \quad (22)$$

⁹ Para el período estudiado no existen series de inversión y desarrollo (I+D) ni de acervos de capital tecnológico de la economía colombiana.

donde P_i y P_j son los precios de los factores variables; X_i ; x_k y x_{kg} son los factores fijos; y s_m y s_n son el resto de argumentos (por ejemplo, la producción Y , y el tiempo t).

– Ecuaciones de demanda de factores variables (una para cada factor):

$$\frac{X_i}{Y} = \frac{\partial CV}{\partial P_i} \frac{1}{Y} = \sum_j \alpha_{ij} \left(\frac{P_j}{P_i} \right)^{1/2} + \sum_m \delta_{im} s_m^{1/2} + \sum_m \sum_n \gamma_{mn} s_m^{1/2} s_n^{1/2} + Y^{-1/2} \left[\sum_k \delta_{ik} x_k^{1/2} + \sum_m \sum_k \gamma_{mk} s_m^{1/2} x_k^{1/2} \right] + Y^{-1} \sum_k \sum_{kg} \gamma_{kkg} x_k^{1/2} x_{kg}^{1/2} \quad (23)$$

Las dos ecuaciones de demanda de insumos variables se obtienen aplicando el Lema de Shephard a la función de costos variables, y se expresan como ecuaciones insumo-producto con el fin de corregir problemas de heterocedasticidad en el momento de la contrastación empírica del modelo.

Para completar el sistema formado por las tres ecuaciones anteriores, Morrison y Schwartz (1996) y Boscá, Escribá y Dabán (1999) agregan una que representa el comportamiento maximizador de beneficios en el corto plazo. Esta ecuación es la condición de igualación entre el precio del producto (P) y el costo marginal a corto plazo (Cma). Esta condición no se está imponiendo y se estimará como una ecuación más del sistema.

– Ecuación de igualación del precio y el costo marginal:

$$P = Cma = \frac{\partial CV}{\partial Y} = \sum_i \sum_j \alpha_{ij} P_i^{1/2} P_j^{1/2} + \sum_i \sum_m \delta_{im} P_i s_m^{1/2} + \sum_i P_i \sum_m \sum_n \gamma_{mn} s_m^{1/2} s_n^{1/2} + 1/2 Y^{-1/2} \left[\sum_i \sum_k \delta_{ik} P_i x_k^{1/2} + \sum_i P_i \sum_m \sum_k \gamma_{mk} s_m^{1/2} x_k^{1/2} \right] + 1/2 Y^{1/2} \sum_i \delta_{iy} P_i + Y^{1/2} \left[\sum_i P_i \sum_m \gamma_{my} s_m^{1/2} \right] + 1/2 \sum_i P_i \sum_k \gamma_{yk} x_k^{1/2} \quad (24)$$

Así, es posible proceder a la estimación de este sistema de cuatro ecuaciones para obtener los parámetros relevantes de la función de costos, los que se usarán para calcular los precios sombra y las elasticidades que servirán para analizar los efectos de las infraestructuras

y el capital privado en la productividad de los diferentes sectores de la industria manufacturera. Esto se mostrará a continuación.

4. Resultados

Dado que los resultados derivados a partir de ejercicios de regresiones por separado no son estadísticamente equivalentes a aquellos que se obtienen cuando estas se estiman como un sistema de ecuaciones, el método de regresión empleado fue el del sistema de ecuaciones de regresión aparentemente no relacionadas (SURE), lo que les agrega estructura y robustez, así como un aumento de eficiencia (estadísticos *t* más altos) de los estimadores. Este método permite imponer restricciones de igualdad entre los parámetros a través de las ecuaciones para ajustarlas a los modelos teóricos¹⁰.

¹⁰ Un programa ambicioso de inversión pública ejerce, en el corto plazo, efectos de demanda que pueden cuantificarse mediante metodologías diversas, entre las que destaca el modelo de demanda de la función de costos generalizada de Leontief en el marco insumo-producto. No son estos los efectos que se estiman en este ensayo, sino los que se producen por parte de la oferta una vez que las infraestructuras entran en funcionamiento. Ahora bien, antes de realizar las estimaciones se realizó una prueba de causalidad de Granger, comprobando —por una parte— que podían rechazarse las hipótesis nulas de que las infraestructuras no causaban ni el producto ni los costos variables

Las ecuaciones (22), (23) y (24) se estimaron mediante el método SURE, y para tal fin se usó el programa econométrico STATA, aunque en la especificación elegida finalmente la ecuación de costos estimada fue la de costos variables medios (CVY), pues corrige los posibles problemas de heterocedasticidad del modelo que se presentan al considerar en conjunto a individuos que difieren considerablemente en cuanto a los valores de sus variables explicativas, como ocurre en la muestra usada en este trabajo.

En el cuadro 1 se presentan los resultados de la estimación, donde se muestran los valores para cada uno de los parámetros y los estadísticos-*t* obtenidos. Debido a la complejidad de la forma funcional de costos generalizada de Leontief, el signo y la magnitud de los coeficientes no pueden interpretarse directamente. Sin embargo, puede observarse que la mayoría de los parámetros son estadísticamente significativos a los niveles habituales. Asimismo, las cuatro ecuaciones estimadas presentan, en general, un buen grado de ajuste. A la hora

de las 12 agregaciones de la industria manufacturera colombiana. Y, por otra, que no podía rechazarse que el producto o los costos variables de las mencionadas ramas no causan, en el sentido de la prueba de causalidad de Granger, las infraestructuras. En definitiva, se concluyó que la dirección de la causalidad es la que se desprende del modelo planteado.

CUADRO 1

Coeficientes estimados. Función de costos generalizada de Leontief

Parámetro	Coeficiente	Estadístico <i>t</i>	Parámetro	Coeficiente	Estadístico <i>t</i>
α_{PLPL}	-0,149134000	-5,05	δ_{PMKG}	-0,024718500	-2,20
α_{PMPM}	0,254143300	2,89	γ_{PLYKP}	-0,000022600	-1,61
α_{PLPM}	0,077230900	10,07	γ_{PLYKG}	-0,000001100	-0,22
δ_{PLY}	0,000054300	2,82	γ_{PLTKP}	0,004589800	0,88
δ_{PMY}	-0,000100500	-2,29	γ_{PLTKG}	-0,002259400	-2,11
δ_{PLT}	-0,003830200	-0,43	γ_{PMYKP}	0,000064200	2,17
δ_{PMT}	0,078250300	3,00	γ_{PMYKG}	-0,000048000	-3,89
γ_{PLYY}	-0,000000007	-1,83	γ_{PMTKP}	0,029168300	2,39
γ_{PLYT}	0,000000691	0,36	γ_{PMTKG}	0,002838700	1,06
γ_{PLTT}	-0,003612300	-1,83	γ_{PLKPKG}	-0,003545400	-2,19
γ_{PMYY}	0,000000011	1,47	γ_{PLKPKP}	-0,011634600	-1,94
γ_{PMYT}	-0,000001340	-0,35	γ_{PLKGKG}	-0,000110400	-0,32
γ_{PMTT}	-0,003969500	-1,00	γ_{PMKPKG}	0,013560900	3,83
δ_{PLKP}	0,084150700	3,28	γ_{PMKPKP}	-0,030954500	-2,27
δ_{PLKG}	0,021917900	4,39	γ_{PMKGKG}	-0,001359800	-1,90
δ_{PMKP}	-0,303561200	-4,82			

Función de costos variables medios: $R^2 = 0,3537$

Función de demanda de trabajo: $R^2 = 0,8688$

Función de demanda de consumos intermedios: $R^2 = 0,3478$

Ecuación de igualación del precio y el costo marginal: $R^2 = 0,9979$

Fuente: elaboración propia.

Nota: período muestral 1990-2005. Doce sectores de la industria. Número de observaciones: 192.

de interpretar los resultados ha de tenerse en cuenta que las empresas están agrupadas en uno de los 12 sectores de actividad considerados siguiendo el criterio del DANE, y que estos son muy diferentes y mantienen cuotas muy dispersas en la producción del conjunto de la manufactura colombiana.

En los cuadros 2 y 3 se resumen algunos de los efectos más importantes de la inversión en capital privado e infraestructuras. Específicamente, los referidos

a los valores sombra de los dos tipos de capital y las relaciones sustitutivas, complementarias o ambas existentes entre cada uno de los capitales y cada uno de los insumos variables (véase el cuadro 2). Asimismo, los referentes a las elasticidades del producto con respecto a los capitales privado y público, como también a las elasticidades de los costos totales de corto plazo en relación con dichos capitales (véase el cuadro 3). Todas estas magnitudes se calcularon para cada una de las 12

CUADRO 2

**Precios sombra y relaciones de “sustituibilidad” y complementariedad.
Promedios sectoriales**

	Z_{KG}	Z_{KP}	L_{KG}	M_{KG}	L_{KP}	M_{KP}
Alimentos, bebidas y tabaco	0,0594	0,0364	-0,0058	0,0651	0,0087	0,0276
Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado	0,0162	0,0546	-0,0018	0,0179	-0,0053	0,0599
Productos de madera, corcho y accesorios derivados	0,0027	-0,0068	-0,0006	0,0033	0,0112	-0,0179
Papel, cartón e impresos	0,0109	0,0484	-0,0024	0,0133	-0,0135	0,0619
Petróleo refinado, combustibles y derivados	0,0104	0,0260	-0,0047	0,0151	-0,0323	0,0583
Sustancias químicas y otros productos químicos	0,0215	0,0356	-0,0059	0,0274	-0,0240	0,0596
Productos de caucho y de plástico	0,0070	0,0450	-0,0018	0,0088	-0,0113	0,0563
Productos minerales no metálicos	0,0070	0,0580	-0,0007	0,0077	0,0010	0,0570
Metales comunes y productos metálicos básicos	0,0112	0,0522	-0,0017	0,0130	-0,0077	0,0599
Maquinaria de uso general	0,0036	-0,0055	-0,0014	0,0050	-0,0096	0,0041
Maquinaria y equipo eléctrico, electrónico y científico	0,0033	0,0267	-0,0014	0,0047	-0,0014	0,0281
Equipo de transporte	0,0072	-0,0005	-0,0036	0,0108	-0,0474	0,0469
<i>Promedio global</i>	<i>0,0134</i>	<i>0,0309</i>	<i>-0,0026</i>	<i>0,0160</i>	<i>-0,0110</i>	<i>0,0418</i>

Fuente: elaboración propia.

Nota: Z_{KG} es el precio sombra del capital público; Z_{KP} el precio sombra del capital privado; L_{KG} el efecto directo del capital público en el empleo; M_{KG} el efecto directo del capital público en los insumos intermedios; L_{KP} el efecto directo del capital privado en el empleo, y M_{KP} el efecto directo del capital privado en los insumos intermedios.

CUADRO 3

**Elasticidades del producto y de los costos respecto
del capital público y el capital privado. Promedios sectoriales**

	$\epsilon_{Y,KG}$	$\epsilon_{Y,KP}$	$\epsilon_{C,KG}$	$\epsilon_{C,KP}$
Alimentos, bebidas y tabaco	0,0576	0,0175	-0,1792	0,3737
Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado	0,0902	0,0787	-0,1276	0,4869
Productos de madera, corcho y accesorios derivados	0,3092	0,1013	-0,2035	0,5194
Papel, cartón e impresos	0,0824	0,0709	-0,1213	0,4709
Petróleo refinado, combustibles y derivados	-0,0349	0,0376	-0,1371	0,4551
Sustancias químicas y otros productos químicos	0,0646	0,0223	-0,1607	0,4240
Productos de caucho y de plástico	0,0947	0,0835	-0,1200	0,4592
Productos minerales no metálicos	0,0870	0,1913	-0,0813	0,6151
Metales comunes y productos metálicos básicos	0,0908	0,0955	-0,1189	0,4917
Maquinaria de uso general	0,2104	0,0184	-0,2200	0,4029
Maquinaria y equipo eléctrico, electrónico y científico	0,1386	0,0925	-0,1193	0,5231
Equipo de transporte	0,1105	0,0065	-0,1935	0,2976
<i>Promedio global</i>	<i>0,1084</i>	<i>0,0680</i>	<i>-0,1486</i>	<i>0,4600</i>

Fuente: elaboración propia.

Nota: $\epsilon_{Y,KG}$ es la elasticidad del producto con respecto al capital público; $\epsilon_{Y,KP}$ la elasticidad del producto en relación con el capital privado; $\epsilon_{C,KG}$ la elasticidad de los costos respecto del capital público; y $\epsilon_{C,KP}$ la elasticidad de los costos con relación al capital privado.

agrupaciones industriales como los valores medios para el período 1990-2005 de la correspondiente magnitud sectorial¹¹.

Recuérdese que con el uso de la teoría de la dualidad se pretende superar una de las principales limitaciones del análisis de los efectos del capital público en el desarrollo económico, efectuado mediante el uso de funciones de producción (principalmente del tipo función de Cobb-Douglas), esto es, por medio de la imposición de relaciones de “sustituibilidad” estricta entre los factores productivos y la consideración de que todos los factores son variables. Vencido este obstáculo, cobra sentido la discusión de la relación entre precios sombra de los factores fijos y su costo de uso que se hará más adelante.

En las dos primeras columnas del cuadro 2 se muestran tales precios sombra. Pueden apreciarse los valores promedio de los 16 años de la muestra para cada uno de los 12 sectores industriales. El precio sombra del capital público, Z_{KG} , es positivo en todos los sectores industriales estudiados y para todos los años de la muestra, registrando un valor promedio de 0,0134, si bien con notables diferencias puesto que va de 0,0027 —en el caso de “Productos de madera, corcho y accesorios derivados”— a 0,0594 en el de “Alimentos, bebidas y tabaco”¹².

El hecho de que el valor del precio sombra del acervo de capital público sea positivo para todos los sectores y durante todos los años refleja el beneficio marginal que experimentó la industria a partir de las inversiones en capital público. Evidencia también la contribución marginal a la reducción de los costos variables del sector industrial colombiano, donde la magnitud del precio sombra representa el tamaño de la disponibilidad para pagar por unidades adicionales de capital público por parte de la industria privada.

Esta disponibilidad implícita del sector privado industrial para pagar por las infraestructuras en el corto plazo en todas las industrias implica una relación de

sustitución neta entre el acervo de capital público y los factores de producción variables considerados en el modelo (trabajo y consumos intermedios) durante el período estudiado. Este valor positivo del precio sombra puede interpretarse como que la inversión adicional de un peso colombiano (unidad monetaria del país) en infraestructuras genera un ahorro en los costos variables de las empresas de aproximadamente 1,34 céntimos.

Como era de esperar (y de ahí el interés por analizar al sector industrial a nivel desagregado), el comportamiento de los valores sombra por sectores de las manufacturas, aunque siempre positivos, muestra un patrón bastante heterogéneo, indicando que algunas industrias se destacan más que otras por recibir mayores efectos marginales positivos provenientes de la inversión en capital público.

La mayor repercusión la registra el sector “Alimentos, bebidas y tabaco”, seguido a considerable distancia por los sectores “Sustancias químicas y otros productos químicos”, “Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado” y “Metales comunes y productos metálicos básicos”. Una mayor relevancia adquieren estos resultados si se toma cuenta que en los últimos años estos cuatro sectores han sido de los más importantes en el ámbito industrial colombiano en razón de su PIB y del número de trabajadores que emplean. Los resultados obtenidos para el precio sombra del capital público tienen implicancia en la orientación de la política económica en aras de mejorar el desempeño de la economía colombiana y estimular mayores tasas de crecimiento del PIB de la manufactura.

Las conexiones entre inversión en capital público y empleo se verán con mayor claridad más adelante, cuando se analice la elasticidad de sustitución (o complementariedad) entre el capital público y los dos factores variables incluidos en el modelo (trabajo y consumos intermedios).

Por su parte, las agrupaciones industriales que registraron una menor contribución marginal a la reducción de sus costos variables procedente de la inversión en capital físico resultaron ser las de “Productos de madera, corcho y accesorios derivados”, “Maquinaria de uso general” y “Maquinaria y equipo eléctrico, electrónico y científico”. La considerable variación en el valor de los precios sombra pone de manifiesto la importancia del análisis a nivel desagregado de la industria manufacturera, pues no todos los sectores obtienen los mismos beneficios de las inversiones en infraestructura.

En cuanto a los valores del precio sombra del capital privado, Z_{KP} , estos muestran un patrón heterogéneo entre sectores así como a lo largo de los años, diferente del

¹¹ También se calcularon estos resultados para cada uno de los 16 años del período estudiado, así como los valores promedio para el conjunto de las 12 industrias. En los coeficientes obtenidos se aprecia que a lo largo de los 16 años del período analizado se presentó una tendencia creciente en la magnitud del precio sombra del capital público, lo que puede señalar que en esta etapa aumentó la inadecuación de las infraestructuras a la actividad industrial. Los cuadros con los resultados están a disposición del lector solicitándolas a los autores.

¹² Que el precio sombra del capital público varíe ampliamente entre los individuos de la muestra ocurre en otros trabajos. Boscá, Escibá y Dabán (1999), por ejemplo, obtuvieron resultados muy dispares, puesto que sus precios sombra oscilaban entre -0,077 en Extremadura (la región española con el menor PIB per cápita) y 0,229 en el País Vasco (la de mayor PIB per cápita).

observado para el precio sombra del capital público. Sus valores medios globales difieren considerablemente, y el precio sombra del capital privado duplica con creces el del capital público (véase el cuadro 2).

Resulta interesante observar que la dinámica del comportamiento del precio sombra del capital privado es similar al camino recorrido por las tasas de interés en Colombia. Durante toda la década de 1990 los empresarios colombianos convivieron con las tasas de interés más altas de la historia reciente del país, que llegaron incluso a niveles superiores al 40% anual entre los años 1994 y 1998 (en este último año alcanzan el punto máximo). Esta situación incrementó enormemente el costo de uso del capital, condición que hizo muy gravosa la inversión en capital fijo y consiguió desequilibrar la estructura de costos de las empresas.

En cuanto al análisis sectorial del Z_{KP} , se destacan principalmente los sectores “Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado”, “Productos minerales no metálicos” y “Metales comunes y productos metálicos básicos” como los que recibieron el mayor efecto positivo. En contraste, los sectores “Productos de madera, corcho y accesorios derivados”, “Maquinaria de uso general” y “Equipo de transporte” registraron, en promedio, las más bajas contribuciones marginales por parte de la inversión en capital físico privado a la reducción de sus costos variables.

En el cuadro 2 resalta otra perspectiva importante de los resultados, como es la descomposición del precio sombra, Z_{KG} , entre el efecto directo del capital público en los costos vinculados al empleo, L_{KG} , y en los costos ligados a los insumos intermedios, M_{KG} , es decir, el posible ahorro o utilización adicional de cada uno de los dos factores variables. Como se observa en las dos columnas centrales del cuadro 2, en el caso del capital público puede afirmarse que para los 12 sectores este actuó como factor complementario del trabajo y, a su vez, como factor sustitutivo de los consumos intermedios durante el período de 16 años aquí estudiado. Los valores medios registrados fueron de -0,003 y 0,016, respectivamente¹³.

En otras palabras, un aumento en el acervo de capital público dio paso a un incremento en los costos laborales, a la vez que ocasionó una reducción en los costos vinculados

al uso de materiales intermedios. Si se observan con más detalle las dos cifras dadas anteriormente puede notarse que la mayor influencia (seis veces mayor) fue ejercida por la reducción de los costos variables mediante un ahorro de consumos intermedios, en detrimento de la fuerza opuesta ejercida por una elevación mucho menor de los costos variables mediante una mayor utilización de mano de obra. Esto arroja como resultado global que el signo —y por ende la relación predominante entre el capital público y los factores de producción variables— sea de sustitución, es decir, lo mismo que se estableció al analizar el resultado del precio sombra, solo que ahora se conoce dónde se origina dicho efecto.

En el análisis por sectores productivos puede destacarse que el mayor efecto de complementariedad entre el acervo de capital público y el empleo de mano de obra se registró en los sectores “Alimentos, bebidas y tabaco”, “Petróleo refinado, combustibles y derivados” y “Sustancias químicas y otros productos químicos”, que sobrepasaron la media industrial.

En cuanto al análisis por sectores referente al otro factor variable, la intensidad de la relación sustitutiva entre el capital público y los consumos intermedios no se presenta de manera uniforme entre las 12 agrupaciones industriales, destacándose los sectores “Alimentos, bebidas y tabaco”, “Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado” y “Petróleo refinado, combustibles y derivados”. Estos presentan los mayores efectos de ahorro de costos variables provenientes de un menor consumo de insumos intermedios, hecho que adquiere mayor relevancia si se tiene en cuenta que solo estos tres sectores representan casi la mitad del valor agregado bruto (VAB) industrial de Colombia, y que por lo tanto, el crecimiento de la productividad de la industria puede llegar a ser significativo.

En el caso de la descomposición del precio sombra del capital privado entre el efecto disminución (o aumento) de los costos laborales, L_{KP} , y el efecto disminución (o aumento) de los costos vinculados a los consumos intermedios, M_{KP} (resultados que se muestran en las últimas dos columnas del cuadro 2), puede afirmarse que, en términos generales, el capital privado mantiene una relación complementaria con el factor trabajo (con la notoria excepción de “Alimentos, bebidas y tabaco”, “Productos de madera, corcho y accesorios derivados” y “Productos minerales no metálicos”) y, al mismo tiempo, una relación sustitutiva con los insumos intermedios (salvo en el caso de “Productos de madera, corcho y accesorios derivados”).

A partir de las cifras mostradas en el cuadro 2, puede concluirse que el capital privado ahorró costos

¹³ Las infraestructuras que durante la etapa estudiada se financiaron en buena medida merced a la iniciativa privada, mostraron relaciones de complementariedad con el trabajo y de “sustituibilidad” con los consumos intermedios, tal como ocurrió con el capital privado, según se comenta más adelante. Resultados análogos se obtuvieron en Boscá, Escribá y Dabán (1999).

relacionados con un menor consumo de materiales intermedios en una magnitud que superó en gran medida el incremento en estos, vinculado a una utilización adicional de trabajo. Este efecto conjunto se ve reflejado en la magnitud y el signo positivo del precio sombra del capital privado presentado en la segunda columna del cuadro 2.

En síntesis, como ocurrió con las magnitudes de los precios sombra, las cifras de los efectos directos del capital privado en los costos vinculados a los dos factores variables resultaron bastante superiores a los valores obtenidos para los efectos directos del capital público, comportamiento muy usual observado en la literatura en relación con otras economías.

Otra manera interesante de ver los efectos de la inversión en capital público y en capital físico privado en la producción de los diferentes sectores industriales es convertir los precios sombra en las elasticidades de los costos con respecto a los dos tipos de capital considerados aquí, ($\epsilon_{C,KG}$ y $\epsilon_{C,KP}$), así como convertirlos en las elasticidades del producto en relación con esos dos acervos de capital, ($\epsilon_{Y,KG}$ y $\epsilon_{Y,KP}$). En el cuadro 3 se presentan mediciones de estas dos diferentes elasticidades que servirán para complementar el análisis de los precios sombra.

En la primera columna del cuadro 3, la elasticidad del producto con respecto al capital público, $\epsilon_{Y,KG}$, es de 0,108, lo que indica que si el acervo de capital público se incrementara en 1%, la producción de la industria manufacturera en Colombia aumentaría en una proporción de 0,11% aproximadamente. Este valor estimado de $\epsilon_{Y,KG}$ se sitúa dentro del rango de valores encontrados en otros estudios realizados bajo la estructura de la función de Cobb-Douglas, por ejemplo, para países como los Estados Unidos, Alemania, Suecia y España. Con este resultado se cuestiona que la elasticidad del producto respecto del capital público sea considerablemente mayor en las economías menos avanzadas que en los países desarrollados, como indican algunos autores.

Sin embargo, la elasticidad del producto con relación al capital público varía considerablemente entre sectores industriales. Los sectores “Productos de madera, corcho y accesorios derivados”, “Maquinaria de uso general” y “Maquinaria y equipo eléctrico, electrónico y científico” se destacan como los que registraron el mayor efecto de la inversión en capital público. Sin olvidar que las infraestructuras estudiadas —telecomunicaciones, transporte, energéticas e hidráulicas— también satisfacen necesidades de los individuos (comunicación, transporte, energéticas, acceso a agua potable, entre otras) y se emplean en empresas del resto de los sectores productivos, los

resultados indican que las inversiones acometidas —que exigen grandes períodos de maduración— no fueron las más apropiadas para estimular la producción industrial, puesto que si bien estas actividades aumentaron su participación en la producción industrial colombiana entre 1990 y 2005, en este último año representaban menos del 6% de ella. Por el contrario, “Alimentos, bebidas y tabaco”, “Sustancias químicas y otros productos químicos” y “Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado”, que han supuesto más de la mitad de la producción industrial del período, perdieron participación en la manufactura y registraron elasticidades del producto con respecto al capital público inferiores al promedio¹⁴.

Por su parte, la elasticidad del producto con relación al capital privado (segunda columna del cuadro 3) presentó una magnitud menor que con respecto al capital público (0,068), indicando un menor efecto en la productividad por parte de este. Las variaciones de $\epsilon_{Y,KP}$ entre industrias también fueron importantes.

La otra perspectiva interesante de evaluar la ofrece el análisis de la elasticidad de los costos con respecto al capital público y al capital privado¹⁵. En las dos últimas columnas del cuadro 3 se muestran los valores obtenidos para dichas elasticidades. En primer lugar, debe mencionarse que la elasticidad de los costos con relación al capital privado, $\epsilon_{C,KP}$ (donde influye el costo de uso de este), se mostró positiva, es decir, que ante una intensificación del capital privado en el proceso de producción manufacturera se elevan los costos de producción. Esta elasticidad se espera negativa y no positiva, como aquí.

Esto se presenta porque la disminución en los costos variables causada por la inversión en capital privado (reflejado por el valor positivo del precio sombra) se contrarrestó con el incremento en los costos ocasionado por los pagos que las empresas efectúan por unidades adicionales de capital fijo privado. Tal comportamiento puede explicarse a la luz del costo de uso del capital privado cuyo valor estuvo notablemente alto en todo el período de estudio, pero principalmente a partir de 1994. Este fue muy superior al valor del precio sombra en las

¹⁴ Conviene no olvidar que durante el período estudiado cabe diferenciar dos etapas. En la primera, que abarca el decenio de 1990, el valor de la producción del conjunto de la industria manufacturera de Colombia apenas creció. En cambio, en la segunda hubo dos ejercicios de gran crecimiento los años 2000 y 2003, seguidos de sendos bienios en que el crecimiento fue más moderado.

¹⁵ Junto con la obtención de los precios sombra, el otro gran atributo de la utilización de la teoría de la dualidad es la derivación de las elasticidades de los costos respecto de los acervos de capital público y privado.

12 agrupaciones industriales durante todos los años, y más en los últimos 10 años de la muestra. La causa principal del elevado costo de uso del capital privado fue, sin duda, la tasa de interés, ya que esta es una de las variables más influyentes en la medición del costo de uso del capital privado. De 1990 a 1999 la tasa de interés pasiva promedio fue de 29,24% anual, mientras que la tasa activa promedio alcanzó el 39,72% anual¹⁶.

Al realizar un sencillo ejercicio de simulación con una tasa de interés similar a la de algunos países desarrollados en esos años, los resultados fueron más acordes con los valores esperados y los precios sombra del capital privado llegaron a ser superiores a su costo de uso, y por supuesto, el valor de la elasticidad de los costos con respecto al capital privado, $\varepsilon_{C,KP}$, presentó signo negativo conforme a lo que cabría esperar¹⁷.

A partir del trabajo de Botero, Hassan y Palacio (2007), el efecto de la tasa de interés real es el más importante en la explicación del descenso del costo de uso del capital privado experimentado en Colombia entre 2001 y 2005, puesto que explica casi en su totalidad su disminución. De este trabajo también se puede concluir que la disminución de dicha tasa es el principal determinante del aumento en el país de la inversión en activos fijos durante los años finales del período estudiado, dada la alta correlación negativa entre el costo de uso del capital y la inversión en capital privado.

Por su parte, el comportamiento de la elasticidad de los costos con respecto al capital público estuvo más acorde con lo esperado, mostrando valores negativos en todos los sectores, destacándose las industrias “Alimentos,

bebidas y tabaco”, “Productos de madera, corcho y accesorios derivados”, “Sustancias químicas y otros productos químicos” y “Maquinaria de uso general” como las que mayor reducción de costos registraron ante un aumento del acervo de capital público. En promedio, la industria manufacturera colombiana mostró una ε_{CKG} de $(-0,1486)$, indicando que un aumento de un 1% en el acervo de capital público reduce los costos totales de las empresas manufactureras en 0,15% aproximadamente. De este resultado puede interpretarse que el acervo de capital público de Colombia se encuentra por debajo de su nivel óptimo, y que sería socialmente eficiente aumentarlo¹⁸.

En síntesis, el modelo planteado y estimado otorga a la inversión en capital público un efecto productividad ($\varepsilon_{Y,KG}$) y un efecto ahorro de costos ($\varepsilon_{C,KG}$) mayores que los obtenidos para la inversión en capital privado, aunque los precios sombra (positivos en ambos casos) sean en el primero menores que en el segundo. Además, en términos globales, el capital privado y el capital público se comportan de la misma manera en la estructura de costos de la industria manufacturera colombiana, es decir, actúan como complementarios del factor trabajo y como sustitutivos de los insumos intermedios¹⁹.

Como ya se vio, en el caso del ahorro de los costos variables (representado por el precio sombra) los más beneficiados con las inversiones en capital público fueron los sectores “Alimentos, bebidas y tabaco”, “Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado” y “Sustancias químicas y otros productos químicos”, mientras que con las inversiones en capital privado fueron los sectores “Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado”, “Papel, cartón e impresos” y “Productos de caucho y de plástico”.

Al comparar algunos de los resultados anteriores con los obtenidos, por ejemplo, por Boscá, Escibá y Dabán (1999) para la industria española en el período 1980-1993, también con la estimación de una función de costos generalizada de Leontief muy similar a la empleada en esta subsección, pueden notarse las mismas relaciones de “sustituibilidad” y complementariedad

¹⁶ En trabajos como el de Moreno, López-Bazo y Artís (2002), entre otros, se utiliza como tipo de interés de referencia en la construcción de la serie de costo de uso del capital privado (o precio del capital) la tasa de descuento de los bonos del gobierno a más de dos años. Sin embargo, para el caso colombiano no fue posible encontrar datos fiables para completar el período 1990-2005, puesto que esta variable solo figura en las estadísticas oficiales publicadas por el banco central de Colombia a partir de 1999.

¹⁷ El ejercicio de simulación con las tasas de interés de países europeos muestra que en Colombia una mayor estabilidad macroeconómica, reflejada en tipos de interés más reducidos que los registrados entre 1990 y 2005, hubiera permitido obtener, *ceteris paribus*, costos de uso del capital privado más reducidos y, por ende, precios sombra del capital privado superiores a su costo de uso, así como un signo de la elasticidad de los costos con respecto al capital privado conforme a lo que cabría esperar. Ello sugiere que para alcanzar un crecimiento sostenido de la producción industrial y, en general, del PIB colombiano se precisan no solo adecuadas dotaciones de capitales humano, tecnológico, privado y público, sino también otras condiciones, como unas instituciones económicas favorables a ese empeño y una estabilidad macroeconómica que permita tipos de inflación e intereses relativamente moderados para no perjudicar las decisiones de inversión en tales acervos.

¹⁸ Especialmente en regiones donde se concentren industrias pertenecientes a los sectores “Alimentos, bebidas y tabaco”, “Productos de madera, corcho y accesorios derivados”, “Sustancias químicas y otros productos químicos” y “Maquinaria de uso general”.

¹⁹ Sin embargo, todas estas medidas presentan considerable variación entre industrias, destacándose los sectores “Alimentos, bebidas y tabaco”, “Productos de madera, corcho y accesorios derivados”, “Sustancias químicas y otros productos químicos” y “Maquinaria de uso general” como los que recibieron el mayor efecto ahorro de costos totales derivado de las inversiones en capital público. A su vez, en el caso del capital privado sobresalen los sectores “Alimentos, bebidas y tabaco”, “Sustancias químicas y otros productos químicos”, “Maquinaria de uso general” y “Equipo de transporte”.

entre los factores fijos y los factores variables, es decir, que ambos tipos de capital fueron sustitutivos de los consumos intermedios y complementarios del empleo. Las cifras de los precios sombra del capital público y el capital privado, aunque fueron menores que las de Boscá, Escribá y Dabán, mostraron el mismo patrón, o sea, las de este último, en promedio, mayores que las del primero.

Los resultados obtenidos aquí pueden compararse también con los hallazgos de Calderón y Servén (2010a), aunque no de manera precisa, pues aquel es un estudio en que no se relacionan países individuales, sino grupos de estos. Además, se utiliza una metodología diferente del enfoque de la teoría de la dualidad y unas definiciones de las variables medidas como índices sintéticos, en lugar de valores monetarios que representan los acervos de capital público en infraestructuras, como los empleados en el presente trabajo²⁰. Sin embargo, dicha metodología puede servir para contextualizar el debate sobre el papel de las infraestructuras en el crecimiento en América Latina.

Estos autores utilizan el análisis de componentes principales para construir índices sintéticos en que se recoge la información sobre la cantidad y calidad de tres sectores de infraestructuras: carreteras, telecomunicaciones y energía eléctrica. Efectuando la regresión de una ecuación de crecimiento aumentada con los índices

sintéticos de desarrollo de infraestructuras para una muestra de 97 países (donde se incluyen las economías más importantes de América Latina) y tomando como referencia el período 1960-2005, los autores encuentran que tanto el índice de cantidad como el de calidad de infraestructuras tienen un coeficiente positivo y significativo, lo que indica que las infraestructuras contribuyen al crecimiento económico. Las estimaciones sugieren que los mismos efectos aplican para los países latinoamericanos cuando se analizan por separado.

Sobre la base de este estudio, Calderón y Servén (2010a) concluyen que, en promedio, el crecimiento de América Latina aumentaría cerca de un 2% al año, principalmente debido a una expansión de la cantidad de infraestructuras (1,5%); mientras que en los países andinos (grupo al que pertenece Colombia) el crecimiento sería mayor —cercano a un 3,1% anual— debido en gran medida (2,4%) a la mejor calidad de las infraestructuras²¹.

Con los anteriores resultados se confirma lo planteado en el presente trabajo: un incremento en la inversión en infraestructuras en Colombia (tanto en cantidad como en calidad) se traduce en un mayor ritmo de desarrollo económico en el país, por la vía de una tasa de crecimiento más elevada de su industria manufacturera.

²⁰ La variable dependiente utilizada por estos autores es el PIB per cápita y no la producción industrial, como en el presente trabajo.

²¹ Para llegar a estos resultados, Calderón y Servén (2010a) suponen que el nivel de infraestructuras de cada país latinoamericano aumentará hasta alcanzar el nivel promedio observado entre los países de ingreso medio (sin incluir los de América Latina), tales como los mostrados, por ejemplo, por Turquía y Bulgaria en términos de cantidad, y la Arabia Saudita y Túnez en términos de calidad.

III

Conclusiones

La literatura empírica existente acerca de la relación entre las infraestructuras públicas y el aumento en la productividad de la industria manufacturera se ha centrado principalmente en dos enfoques metodológicos: el uso de funciones de producción y el uso de funciones duales de costos. Las desventajas más importantes evidenciadas en el uso de funciones de producción radican en la utilización de supuestos muy restrictivos, ya sea la imposición de la tecnología (por lo general, la función de Cobb-Douglas), o la no consideración de los precios de los insumos privados, que pueden afectar a la intensidad de su uso. Asimismo, es posible contar entre las desventajas la imposición de rendimientos constantes, el ajuste instantáneo y, por ende, la no distinción entre corto y largo plazo, entre otras.

En cambio, el enfoque dual basado en la función de costos aproxima de forma más integral los determinantes que actúan sobre el comportamiento de la empresa optimizadora. Esta metodología permite también examinar las relaciones de complementariedad o sustitución entre los factores privados y públicos, así como el efecto marginal del capital público en la estructura de costos de las empresas.

En este trabajo se ha empleado un modelo evaluado bajo la estructura de la función de costos generalizada de Leontief (enfoque dual) que, en términos generales, asignó a la inversión en capital público unos efectos de productividad ($\varepsilon_{Y,KG}$) y de ahorro de costos ($\varepsilon_{C,KG}$) mayores que los obtenidos para la inversión en capital privado. Sin embargo, los valores de los precios sombra, positivos para ambos tipos de capital, fueron mayores para el caso del capital privado. Hay que señalar que el capital privado actuó en la manufactura colombiana como complementario del factor trabajo, en tanto que fue sustitutivo de los insumos intermedios. Estas relaciones de complementariedad y sustitución fueron las mismas para el caso del capital público.

Todas estas medidas presentaron una importante variación entre industrias. En el caso de las contribuciones marginales a la reducción de los costos variables (precios sombra), cabe destacar a los sectores “Alimentos, bebidas y tabaco”, “Textiles, prendas de vestir, cuero

y calzado”, “Sustancias químicas y otros productos químicos” y “Metales comunes y productos metálicos básicos” —que representan algo más de la mitad de la manufactura colombiana— como los que recibieron el mayor efecto positivo de las inversiones en capital público, y los sectores “Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado”, “Papel, cartón e impresos”, “Productos de caucho y de plástico” y “Productos minerales no metálicos” como los que más se beneficiaron de las inversiones en capital privado.

Puede deducirse que los resultados referentes a precios sombra, así como a las diferentes elasticidades, son plausibles y cercanos a la realidad colombiana, y acordes a su vez con lo visto en un buen número de trabajos relativos a otras economías en función de las magnitudes de los efectos y de los signos de estos.

No obstante, la evidencia empírica aportada permite cuestionar que la elasticidad del producto con respecto al capital público sea considerablemente mayor en las economías de ingresos medio o bajo que en las de los países desarrollados. A su vez, los precios sombra del capital público permiten inferir que el importante esfuerzo realizado por Colombia desde 1990 en la ampliación y mejora de las infraestructuras de telecomunicaciones, transporte, energéticas e hidráulicas pudo no ser todo lo acertado que debiera para elevar la producción industrial o no ejerció el efecto esperado en gran parte del período estudiado, todo ello sin olvidar que las infraestructuras también permiten satisfacer las necesidades de los individuos y se utilizan por empresas de otras ramas de actividad no analizadas en este estudio.

En definitiva, puede concluirse que las infraestructuras impulsaron la producción de la manufactura colombiana, especialmente a partir del año 2000, pero sus efectos no fueron tan elevados como cabría esperar, lo que puede obedecer no solo a una deficiente estabilidad macroeconómica e institucional, sino también a una política de provisión del capital público inadecuada para la realidad del país. Se trata de aspectos que, sin duda, han de abordarse en el futuro aunque con metodologías distintas de las aportadas en este ensayo.

ANEXO

CUADRO A-1

Colombia: 12 sectores de la industria manufacturera

Sector 1	Alimentos, bebidas y tabaco
Sector 2	Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado
Sector 3	Productos de madera, corcho y accesorios derivados
Sector 4	Papel, cartón e impresos
Sector 5	Petróleo refinado, combustibles y derivados
Sector 6	Sustancias químicas y otros productos químicos
Sector 7	Productos de caucho y de plástico
Sector 8	Productos minerales no metálicos
Sector 9	Metales comunes y productos metálicos básicos
Sector 10	Maquinaria de uso general
Sector 11	Maquinaria y equipo eléctrico, electrónico y científico
Sector 12	Equipo de transporte

Fuente: elaboración propia.

Bibliografía

- Aschauer, D.A. (1989), "Is public expenditure productive?", *Journal of Monetary Economics*, vol. 23, N° 2, Amsterdam, Elsevier.
- Boscá, J.E., J. Escribá y T. Dabán (1999), "Capital privado e infraestructuras en la producción industrial regional", *Revista de economía aplicada*, vol. 7, N° 21, Zaragoza, Universidad de Zaragoza.
- Botero, J.A., A. Hassan y J.F. Palacio (2007), "El costo de uso del capital y la inversión en Colombia 1990-2007", *Working Papers de economía*, N° 1, Medellín, Universidad EAFIT.
- Calderón, C. y L. Servén (2010a), "Infrastructure in Latin America", *World Bank Policy Research Working Paper*, N° 5317, Washington, D.C., Banco Mundial, mayo.
- (2010b), "Infrastructure and economic development in Sub-Saharan Africa", *Journal of African Economies*, vol. 19, (suppl. 1), Oxford, Oxford University Press.
- DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) (varios años), "Encuesta Anual Manufacturera", *Carrera 59, N° 26-70 Interior 1 - CAN*, Bogotá, D.C.
- (varios años), "Cuentas nacionales anuales", *Carrera 59, N° 26-70 Interior 1 - CAN*, Bogotá, D.C.
- DNP (Departamento Nacional de Planeación), "Estadísticas de inversión en infraestructuras", Dirección de Infraestructura y Energía Sostenible [en línea] www.dnp.gov.co
- Mas, M., F. Pérez y E. Uriel (2005), *El stock y los servicios del capital en España (1964-2002). Nueva metodología*, Bilbao, Fundación BBVA.
- Moreno, R., E. López-Bazo y M. Artís (2002), "Public infrastructure and the performance of manufacturing industries: short- and long-run effects", *Regional Science and Urban Economics*, vol. 32, N° 1, Amsterdam, Elsevier.
- Morrison, C.J. y A.E. Schwartz (1996), "State infrastructure and productive performance", *The American Economic Review*, vol. 86, N° 5, Nashville, Tennessee, American Economic Association.
- Munnell, A.H. (1990), "Why has productivity growth declined? Productivity and public investment", *New England Economic Review*, Boston, Federal Reserve Bank of Boston, enero-febrero.
- Nadiri, I. y T. Mamuneas (1994), "The effects of public infrastructure and R&D capital on the cost structure and performance of US manufacturing industries", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 76, N° 1, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press.
- OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) (2001), *Measuring Capital - OECD Manual: Measurement of Capital Stocks, Consumption of Fixed Capital and Capital Services*, París.
- O'Mahony, M. y otros (2008), "EUKLEMS - Linked Data: Sources and Methods", Birmingham, Universidad de Birmingham, inédito.
- Sanaú, J. (1998), "Telecommunications infrastructure and economic growth: an analysis of Spanish manufacturing industry", *Telecommunications and Socio-Economic Development*, S. Macdonald y G. Madden (comps.), Amsterdam, North Holland.
- Schreyer, P. y J. Dupont (2006), "OECD capital services estimates: methodology and a first set of results", *Growth, Capital and New Technologies*, M. Mas y P. Schreyer (comps.), Bilbao, Fundación BBVA.
- Soete, L. y P. Patel (1985), "Recherche-développement, importations de technologie et croissance économique: une tentative de comparaison internationales", *Revue économique*, vol. 36, N° 5, Programme National Persée.